

# Monitorització de l'activitat física i del moviment per a la seguretat de persones en situació de risc o vulnerabilitat

Cristian Manero Hernández

**Resum**— La societat ha anant canviant i evolucionant acompanyada de les noves tecnologies. Si mirem el comportament de les persones en l'actualitat i el seu model de vida, i la comparem amb èpoques no tan llunyanes podem apreciar com cada cop més es busquen formes d'ajuda pel desenvolupament quotidià per mitjà de les noves tecnologies, doncs s'han convertit en un element gairebé indispensable per a gran part de la població. La integració de tècniques de monitorització de l'activitat en els dispositius actuals està sent una forta proposta en l'àmbit de la seguretat física. Al present projecte buscarem la manera d'aprofitar la tecnologia mòbil que gran part de la població té al seu abast, realitzant un estudi i desenvolupament de diferents tècniques de monitorització entre les quals introduïrem mecanismes de detecció de perill manual, i mecanismes automàtics de detecció de caigudes per mitjà de l'acceleròmetre i de delimitació de zones segures per mitjà d'algorismes de conjunt convex, oferint a més a més una comunicació ràpida, fiable i efectiva entre dispositius.

**Paraules clau**— Monitorització, activitat física, seguretat, risc, dispositius mòbils, GPS, acceleròmetre, abatiment, convex hull, Quick hull, Graham Scan, Android.

**Abstract**— Society has been changing and evolving accompanied by new technologies. Looking at the behavior of people today and their lifestyle, and compared with times not so distant as we see increasingly look for ways to help the daily development through new technologies, as it has become an almost indispensable element for a large part of the population. Integrating activity monitoring techniques in current devices has been a strong proposal in the physical security area. Our project will look for the way to take advantage of mobile technology which population has available, conducting a study and development of different monitoring techniques which will be including detection mechanisms of risk manual, and automatic fall detection mechanisms through the accelerometer and delineation of safe areas by means of convex hull algorithms, while offering a communication fast, reliable and effective.

**Index Terms**— Monitoring, physical activity, safety, risk, mobile devices, GPS, accelerometer, fall detection, convex hull, Quick hull, Graham Scan, Android.



## 1 INTRODUCCIÓ

El projecte que presentarem al llarg d'aquest document tractarà sobre l'estudi i desenvolupament de tècniques de monitorització d'activitat física destinades a proporcionar, mitjançant dispositius mòbils, un extra de seguretat a aquells col·lectius de persones que tenen la necessitat d'estar en contacte directe amb algun responsable per les característiques que presenta el seu dia a dia; com poden ser nens a càrrec de pares o persones responsables, gent d'avançada edat, esportistes d'alt risc o personal de professions considerades d'alt risc (bombers, policies, guardes de seguretat, etc.).

El desenvolupament d'un projecte amb aquestes característiques sorgeix del compromís que es busca avui dia

sobre conceptes com la qualitat de vida, la protecció, autonomia o seguretat, doncs són moltes les situacions que es donen al llarg del transcurs de la jornada o el transcurs de les etapes de la nostra vida que posen de manifest la mancança d'aquests conceptes.

L'estudi de diferents tècniques de monitorització i la integració d'aquestes en un dispositiu seria acollit pel col·lectiu de persones que hem indicat com una eina a la qual poder confiar una part de la seva seguretat i d'on poder obtenir un extra de protecció i autonomia, derivant així en el concepte de qualitat de vida que esmentàvem, doncs per un costat les persones que són considerades supervisades podríem gaudir de l'avantatge de tenir autonomia i seguretat en situacions de perill, risc o dependència, i per altre banda les persones considerades supervisors tindrien certa tranquil·litat al saber que, en cas de situació anòmala o accident serien avisades.

- E-mail de contacte: cristianmanero@gmail.com
- Menció realitzada: *Tecnologies de la Informació*.
- Treball tutoritzat per: *Jaume Pujol Capdevila (Tecnologies de la Informació)*
- Curs 2015/16

## 2 ABAST DEL PROJECTE

### 2.1 Objectiu general

Donar una alternativa o extra de seguretat a totes aquelles persones que durant el seu dia a dia necessiten la supervisió o d'algun mecanisme al qual puguin recórrer en situacions de perill o bé necessiten que el dispositiu actuï de forma autònoma en situacions puntuals considerades com a anòmales en el moviment de la persona monitoritzada.

### 2.2 Objectius específics

- Determinar situacions de perill a les quals els usuaris poden necessitar l'ajuda d'un sistema de detecció automàtic, semi-automàtic o manual.
- Determinar quines tècniques de monitorització es poden oferir segons el tipus de persona a controlar, ja siguin nens, gent gran, personal amb professions perilloses o bé esportistes d'alt risc (e.g. Podem fer servir l'acceleròmetre dels dispositius mòbils per determinar si ha caigut un esportista que practica esquí alpi).
- Integrar les tècniques a una aplicació per dispositius mòbils.
- Realitzar una interfície d'aplicació senzilla, intuïtiva i fàcil d'usar. Adaptada per tots els col·lectius.
- Donar autonomia a aquelles persones que, per raons de salut, edat avançada o laborals, l'han perduda o l'han vist limitada.
- Oferir un extra de confiança a esportistes d'alt risc i professionals d'alt risc laboral.
- Donar seguretat tant a la persona monitoritzada com a aquelles persones o centres (mèdics o asils) que tenen altres usuaris a càrrec seu.

### 2.3 Prioritat dels objectius

TAULA 1  
LLISTAT D'OBJECTIUS I PRIORITATS

Objectius	Prioritat
Determinar situacions de perill	Crític - Prioritari
Determinar tècniques de monitorització a oferir segons els col·lectius que voler arribar	Crític - Prioritari
Integrar les tècniques a una aplicació mòbil	Prioritari
Realitzar una interfície d'aplicació senzilla, intuïtiva i fàcil d'usar.	Prioritari - Secundari
Dotar d'autonomia a persones que per raons de salut, edat avançada o laborals, l'han perduda o l'han vist limitada	Prioritari
Oferir un extra de confiança a esportistes d'alt risc i professionals d'alt risc laboral	Prioritari
Donar seguretat tant a la persona monitoritzada com a les persones a càrrec d'aquestes	Prioritari

### 2.4 Beneficis previstos

Un cop el projecte es doni per finalitzat tindrem com a resultat una aplicació per dispositius mòbils en la qual,

sota el punt de vista de la seguretat, podrem veure una sèrie de beneficis i satisfaccions que s'hi apreciaran en els col·lectius que facin ús de les tècniques integrades en aquesta.

- Augment en el control de persones que necessiten ser monitoritzades (nens, persones majors, discapacitats, ...).
- Comunicació ràpida i efectiva en moments clau de perill o necessitat d'ajuda.
- Tranquil·litat en les persones responsables.
- Facilitar el dia a dia de persones limitades.
- Facilitar en gran mesura l'actuació dels serveis professionals en cas d'emergència (ambulància, bombers, policia, ...).

## 3 ESTAT DE L'ART

Entre les diferents aplicacions existents que poden oferir funcionalitats similars que ens poden ajudar a complir els nostres objectius dintre del projecte, i de les quals podem agafar algun requisit funcional no contemplat a priori, hi trobem tres aplicacions.

### 3.1 Fall detection

L'aplicació que ens presenten és *Fall Detection* (detecció de caigudes) [3], una aplicació dissenyada especialment per supervisar l'activitat humana llençant alertes en el moment de caiguda o inactivitat fent ús de la tecnologia de comunicació que porten integrats els telèfons Android. El que es realitza és una monitorització constant del moviment dels usuaris, tractant de determinar quina és l'activitat "normal" o segura de l'usuari que la fa servir i sent capaç de detectar anomalies en l'estat de la persona, moment en el qual llença una alerta via SMS al telèfon de contacte predeterminat.

Com podem veure va destinat a un sector de la població concret, on la gent gran i gent malalta són el focus prioritari.

### 3.2 Family Locator

*Family Locator* [4] permet veure en tot moment la posició de les persones registrades i delimitar zones segures i insegures podent establir avisos entre dispositius en el moment que una de les persones registrades estigui ubicada dintre de zones insegures (i també segures si així s'indica). Com a complement d'això si una de les persones es veu perduda, pot fer ús del botó d'emergència (SOS) que envia a la persona de contacte predeterminada la ubicació GPS exacte. Per últim, amb la funcionalitat d'ubicacions, l'aplicació ofereix un historial de posicions per on una persona ha passat, de manera que podem determinar comportaments anòmals.

### 3.3 Mandown App

*Mandown App* [2] presenta característiques similars a les aplicacions ja esmentades amb una peculiaritat que la fa diferent de la resta. Aquesta aplicació en iniciar-se realitza una monitorització del moviment del telèfon i en cas de no detectar moviment en un temps determinat (e.g. 30 s) dóna per entès que hi ha una possible caiguda i activa

una alarma prèvia, on l'usuari per mitjà d'un botó l'ha de desactivar per tal que el telèfon detecti que la persona està operativa.

En cas que l'usuari no li donés al botó el dispositiu iniciaria, després d'un temps determinat, l'alarma completa, on es dona per confirmada una possible caiguda o problema greu i el mòbil emet sons audibles i envia un avís als contactes predeterminats amb la ubicació. Com era d'esperar és una aplicació que va destinada des de personal professional fins a gent gran que necessita una constant comunicació i monitorització per part de les persones a càrrec seu.

#### 4 CONTEXT I USUARIS FINALS

En l'actualitat són moltes les persones que presenten la necessitat de mantenir el contacte directe amb algú a qui poder recórrer en cas d'emergència, o bé algú que necessita algun element que li indiqui si la persona que està a càrrec seu ha sortit d'una zona segura com podria ser la casa. Però, com podem controlar si una persona surt d'una zona segura? Que passa si es produeix una situació on la persona afectada no pot aconseguir comunicar-se? Aquest tipus de situacions molts cops poden arribar a ser un problema greu, ja que una comunicació lenta i poc efectiva entre la persona amb problemes/perill i la persona responsable pot provocar que una incidència de caràcter lleu pugui suposar un problema seriós.

D'acord amb això definirem els usuaris finals a qui volem arribar amb la realització d'aquest projecte.

##### 4.1 Usuari supervisor

Dintre d'aquest primer grup inclourem totes aquelles persones que tenen la necessitat de supervisar i portar un control d'estat d'una altra persona a càrrec seu. Aquí hi podríem classificar pares que volen supervisar els seus fills, nones, fills que volen supervisar els seus pares d'edat avançada, personal mèdic, personal d'asil o inclús personal de professions d'alt risc com pot ser la policia en supervisar alguna persona en arrest domiciliari.

##### 4.2 Usuaris supervisats

En aquest segon grup hi inclourem totes aquelles persones que seran supervisades per algun membre pertanyent al primer grup i on podem classificar tres subgrups.

**Persones amb necessitats d'atenció especial:** Persones que requereixen atenció per l'estat físic o anímic.

- Persones d'avançada edat.
- Persones amb problemes de mobilitat o salut.
- Nens/Nenes.

**Persones que volen mantenir un sistema d'ajuda:** Col·lectiu que tot i no tenir problemes d'estat físic, volen tenir un dispositiu d'emergència a causa de l'activitat intensa a la qual s'exposen diàriament.

- Practicants d'esport de risc.
- Persones amb activitat intensa.

**Personal de professions arriscades:** Dintre d'aquest últim inclouríem a treballadors amb professions considerades arriscades.

- Policies.
- Bombers.
- Sanitaris.

## 5 METODOLOGIA

Per les característiques que presenta el projecte diferenciarem dos metodologies de treball:

- Metodologia en cascada [12].
- Desenvolupament Ràpid d'aplicacions (Rapid Application Development – RAD) [10].

Com podem apreciar a la Fig.1, dintre del que seria el desenvolupament del projecte diferenciarem tres etapes que aniran diferenciades per la metodologia emprada.

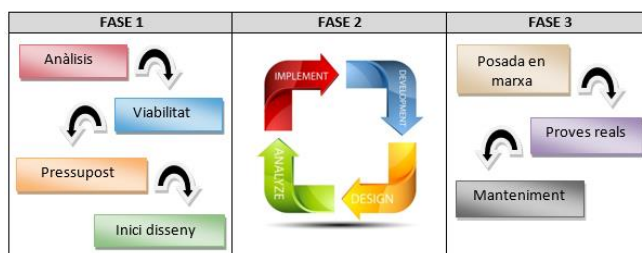


Fig.1: Metodologies de treball aplicades a cada fase.

A continuació detallarem el contingut breu de les tres etapes.

##### 5.1 Etapa 1 o etapa de preparació i estudi

Durant aquesta primera fase definirem tot allò que és rellevant pel transcurs del projecte i que donarà informació per poder prosseguir amb la següent etapa. S'hi definiran a més aspectes com la viabilitat del projecte i pressupost que suposa la seva realització. Es determinaran diferents casos d'ús i introduïrem aspectes més tècnics, orientats ja cap a la implementació del propi software i que donarà pas a la segona etapa.

La metodologia que farem servir durant el transcurs d'aquesta primera fase serà la metodologia en cascada, doncs s'hi aniran completant els diferents objectius d'estudi de manera progressiva, completant i entenent bé cadascun d'ells per poder donar pas al següent objectiu, és a dir, la finalització d'un estudi o indagació en un tema determinat donarà pas a l'inici d'un altre.

##### 5.2 Etapa 2 o etapa de desenvolupament

Aquesta segona fase de desenvolupament del programari durant la qual anirem implementant la nostra aplicació, es realitzarà fent ús de la metodologia Rapid Application Development, doncs permetrà realitzar un desenvolupament iteratiu mitjançant l'ús de construcció de prototipus que aportaran una visió prèvia del que serà l'aplicació.

Això permetrà dividir el projecte en segments petits sobre els quals iterar durant el desenvolupament i anar

obtenint així petites funcionalitats i la documentació necessària pel seu desenvolupament.

### 5.3 Etapa 3 o etapa de posada en marxa

En aquesta darrera fase realitzarem unes primeres posades en marxa de l'aplicació en situacions reals on l'aplicació hagi de valer-se per si mateixa fora d'un entorn controlat.

Durant aquesta última fase tornarem a fer servir la metodologia en cascada, doncs caldrà, com passava a la primera etapa, anar finalitzant comprovacions per poder avançar a d'altres.

### 5.4 Planificació

TAULA 2  
PLANIFICACIÓ I RECURSOS REQUERITS

Etapa	Activitats	Recursos
1. Anàlisi	-Primer contacte amb el projecte. -Captar informació rellevant.	Cap de projecte
1. Estudi viabilitat	-Viabilitat del desenvolupament. -Pressupost.	Cap de projecte
1. Primer disseny	-Disseny base de l'aplicació.	Dissenyador
2. Desenvolupament	-Segmentació de requisits. -Implementació de les diferents tècniques.	Cap de projecte; Analista; Dissenyador; Programador; Tester
3. Posada en marxa	-Instal·lació de l'aplicació en diferents dispositius. -Proves en situacions reals.	Cap de projecte; Programador; Tester

### 5.5 Quadre de tasques – dates

TAULA 3  
QUADRE DE TASQUES

Fase 1	Durada	Inici	Final
Anàlisi	14 dies	21/09/2015	04/10/2015
Estudi viabilitat	5 dies	05/10/2015	09/10/2015
Pressupost	6 dies	10/10/2015	15/10/2015
Inici de disseny	4 dies	16/10/2015	19/10/2015
Fase 2	Durada	Inici	Final
Tècnica del botó	16 dies	20/10/2015	04/11/2015
• Recerca	4 dies	20/10/2015	23/10/2015
• Desenvolupament	12 dies	24/10/2015	04/11/2015
Tècnica de caigudes	19 dies	05/11/2015	23/11/2015
• Recerca	5 dies	05/11/2015	09/11/2015
• Desenvolupament	14 dies	10/11/2015	23/11/2015
Tècnica de zona segura	34 dies	24/11/2015	28/12/2015

• Recerca	15 dies	24/11/2015	08/12/2015
• Desenvolupament	19 dies	09/12/2015	28/12/2015
Fase 3	Durada	Inici	Final
Posada en marxa	5 dies	29/12/2015	03/01/2016
Proves en situacions reals	2 dies	04/01/2016	05/01/2016

## 6 REQUISITS

Com a resultat del projecte, a part de l'estudi i desenvolupament de les tècniques, obtindrem una aplicació per dispositius mòbils que presentarà els següents requisits.

### 6.1 Requisits funcionals

Essencials

- Determinar punts de delimitació a un mapa.
- Detecció de sortides de zona marcada com a segura.
- Detecció de caigudes.
- Poder demanar ajuda per botó.
- Determinar risc de la situació en funció del número de vegades que es polsa el botó.
- Realitzar comunicació entre dispositius (e-mail o sms).
- Enviament de la ubicació en cas d'emergència.
- Registrar dades d'usuari per al correcte funcionament.

Condicional

- Determinar zona segura per mitjà d'un plànol.

Opcional

- Possibilitat d'introduir sistema de recordatori de medicament o alarma ràpida.

### 6.2 Requisits no funcionals

Essencials

- Realització del desenvolupament per sistemes Android amb versió superiors a 4.0.3 - 96,2% dels dispositius disposen d'aquesta versió.
- Emmagatzematge de zona al dispositiu.
- Interfícies senzilles i amigables. Aptes per a tots els usuaris.
- Compliment amb la llei orgànica de protecció de dades (LOPD).

Condicional

- Sistema adaptable a canvis.
- Fer el sistema segur.

Opcional

- Mirar de garantir la soportabilitat (logs d'error).

## 7 DESENVOLUPAMENT

Un cop definides les especificacions, les fases i els objectius on volem arribar procedim a l'estudi i desenvolupament de les tècniques.

## 7.1 Determinació de tècniques a desenvolupar – estudi de situacions de perill

Mirant quines són les situacions de perill que més es produeixen en el dia a dia de les persones a les quals volem arribar hem obtingut la gràfica que presentem a la Fig.2 on podem apreciar les tècniques que sotmetrem a estudi i desenvolupament.

- Tractament d'un sistema d'avis en cas de pèrdua mitjançant un botó, tot determinant la gravetat pel número de vegades que el botó és pulsat.
- Detecció de caigudes.
- Delimitació de zona segura i detecció de sortida de la mateixa.

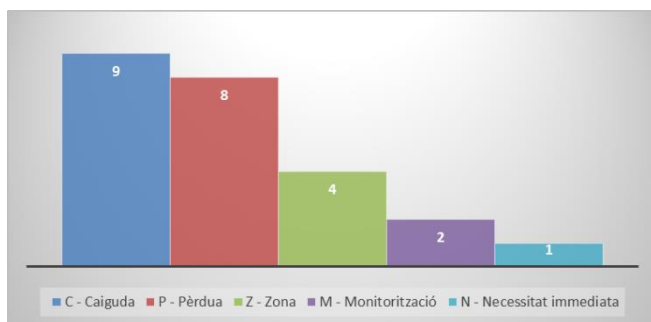


Fig.2: Gràfica de resultat d'estudi de perills més comuns entre els usuaris als que volem arribar.

## 7.2 Formularis de recollida de dades

Amb la finalitat d'obtenir les dades necessàries per poder procedir a l'enviament de les alertes i per tal de desenvolupar les diferents tècniques hem afegit dos formularis previs on recollim els següents paràmetres sota consentiment de l'usuari segons la llei orgànica de protecció de dades (LOPD):

- Nom de l'usuari, cognoms de l'usuari, edat, e-mail, contrasenya de l'e-mail especificat per poder realitzar l'enviament, monitorització de nit activat (o inactivat), nivell de risc de la persona.
- E-mail de contacte, telèfon de contacte, contrasenya d'administrador emprada accedir a la funcionalitat de modificació de dades o zones segures.

## 7.3 Desenvolupament part comuna de les tècniques

Per estalviar codi i reutilitzar les funcions d'enviament d'e-mail i sms s'han implementat diferents classes dedicades a oferir les funcions que detallem a continuació.

### 7.3.1 Avís via e-mail

Per la realització d'enviaments de missatges de correu electrònic s'ha fet servir el sistema integrat de gmail que porten instal·lats els smartphone. Per tal de fer això s'han hagut de tenir en compte les següents restriccions:

- Tractar l'enviament per mitjà de paquets Java Secure Socket Extensions (JSSE).
- Tractar de forma segura les dades per mitjà del protocol TLS i SSL [13].
- Realitzar connexió directe amb el servidor de gmail – smtp.gmail.com – per mitjà del protocol smtp i port 465.
- Formatar el missatge per ser enviat.

### 7.3.2 Avís via sms

Per enviar un sms Android ofereix una API dedicada per aquesta tasca i que hem aprofitat. Per mitjà de la classe android.telephony.SmsManager podem accedir a la funcionalitat i procedir a l'enviament per la funció que ofereix `sendTextManager()`. Només farà falta recuperar el telèfon i el missatge a enviar.

### 7.3.3 Verificació de connexió a dades

Per determinar si enviem un SMS o un e-mail ens basarem en la connexió a internet del dispositiu. Per realitzar aquesta verificació obrirem en background una shell per llençar un ping i verificar realment la connexió a dades.

### 7.3.4 Obtenció de la ubicació

Per tal d'obtenir la ubicació farem ús del servei de localització que potent incorporats dispositius mòbils. Gràcies a la API `SensorManager` i per mitjà d'un `Listener` podrem determinar la ubicació actual de l'usuari amb precisió.

## 7.4 Disseny i implementació de la tècnica del botó

El que oferirem a l'usuari serà un botó que es presentarà a la pantalla en tot moment per què li sigui d'ajuda en situacions de perill. El propi botó enviarà un avís via e-mail al correu preestablert com a contacte d'emergència amb la localització en coordenades GPS en cas de disposar de cobertura a dades. En cas contrari procedirem a enviar un missatge SMS al telèfon de contacte preestablert.

Per determinar la gravetat de la situació ens basarem en el nombre de pulsades de botó que hagi fet l'usuari monitoritzat, doncs les persones tenim com a acte reflex augmentar el nerviosisme en situacions de perill i això ens porta a fer accions involuntàries repetides vegades.

A la Fig.3 següent podem apreciar el diagrama de flux que determinar el funcionament d'aquesta tècnica.

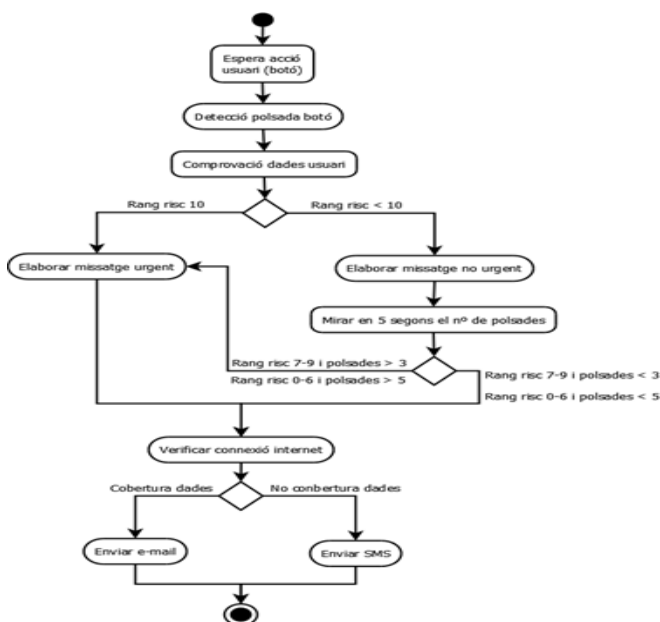


Fig.3: Diagrama de flux tècnica del botó.

Com podem veure, el que hem de fer primerament és recuperar les dades de l'usuari emmagatzemades a l'arxiu on han estat gravades en el moment d'omplir les dades d'usuari en iniciar l'aplicació o bé en fer els canvis des de la pestanya d'ajustos. Fet això passarem a realitzar, i si es detecta que s'ha pulsat el botó, determinarem el número de vegades que es pulsa el botó durant 5 segons i determinarem la gravetat segons el criteri mostrat a la taula 4 basada en el risc de la persona i número de vegades pulsant el botó.

TAULA 4

DETERMINACIÓ DE LA GRAVETAT DE LA URGÈNCIA

Risc	Condicció intermèdia	Acció
10	-	Avís urgent
[7 - 9]	Si durant 5 segons el número de <b>pulsades</b> es <b>menor</b> a 3	Avís no urgent
	Si durant 5 segons el número de <b>pulsades</b> es <b>major</b> a 3	Avís urgent
[0 - 6]	Si durant 5 segons el número de <b>pulsades</b> es <b>menor</b> a 5	Avís no urgent
	Si durant 5 segons el número de <b>pulsades</b> es <b>major</b> a 5	Avís urgent

## 7.5 Disseny i implementació de la tècnica de detecció de caigudes - Acceleròmetre

El que oferirem a l'usuari amb aquesta tècnica serà una monitorització continua del seu moviment, sent capaçs de detectar una caiguda per mitjà de l'acceleròmetre que incorporem els dispositius actuals, l'acceleròmetre capacitiu [1].

Aquests acceleròmetres, creats gràcies a la nano tecnologia, tenen el seu fonament en el concepte de condensador. Un condensador es presenta com un component electrònic que permet emmagatzemar energia elèctrica entre dues plaques metàl·liques fixades separades per un element no conductor (dielèctric). Llavors la capacítancia vindrà donada per la distància que separa les dues plaques.

Com podem apreciar a la següent Fig.4 els acceleròmetres capacitius estan formats de tal manera que una de les dues plaques que el componen, normalment la placa que conté el material dielèctric, pugui moure's de forma proporcional a la força externa aplicada, tal com passava al cas de la molla del mecànic. D'aquesta forma el material dielèctric acumula certa energia elèctrica (voltatge), informació que és enviada al microprocessador del dispositiu, obtenint així una variació en el senyal elèctric proporcional a la força aplicada, que permet obtenir els valors dels tres eixos de coordenades (x, y, z) i per tant l'acceleració.

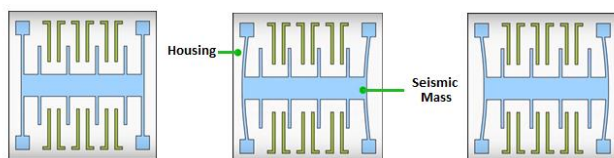


Fig.4: Acceleròmetre capacitiu.

L'acceleració que ha patit el dispositiu i per tant la persona que el porta la determinarem per la següent fórmula:

$$\text{magnitud} = (x^2 + y^2 + z^2) / \text{gravetat terrestre}^2$$

Aquesta fórmula permet obtenir la magnitud de la força que ha estat aplicada relacionant els valors obtinguts dels tres eixos amb la força de la gravetat terrestre a la qual està sotmesa tota massa dintre de la superfície terrestre. Cal indicar que per tal d'evitar números negatius s'han introduït els quadrats dels números, així si l'acceleració produïda al dispositiu ha estat en el sentit contrari d'algun dels eixos, no provocarà una descompensació en el càlcul.

Un cop vista la funcionalitat interna exposarem a la Fig.5 el diagrama de flux que segueix i com s'han determinat els valors per la detecció de caigudes.

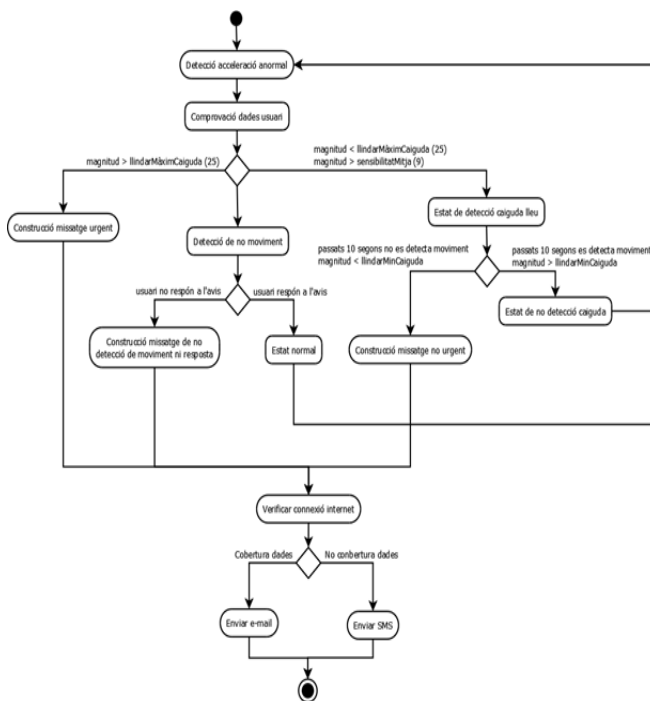


Fig.5: Diagrama de flux tècnica de detecció de caigudes.

Com podem apreciar el que es pretén és monitoritzar contínuament l'usuari identificant les possibles acceleracions anòmales que es produeixen tot realitzant diferents comprovacions amb uns límits prefixats que esdevenen en les següents accions:

- Magnitud > 25 → Avís urgent.
- 9 < Magnitud < 25 → Per pal·liar possibles avisos falsos es monitoritza si hi ha moviments superiors al límit inferior. En cas que si, es considera falsa caiguda, en cas que no enviem un avís de caràcter lleu.
- Situacions de no moviment → Requerim la interacció de l'usuari per para una alarma al dispositiu cada cert temps.

El criteri per determinar si la caiguda ha estat greu o lleu vindrà donat pels límits exposats a la taula 5 que trobem a continuació.



TAULA 5  
LÍMITS CAIGUDA

Llindar	Valor	Descripció
Superior	25	Força mínima a la que es produeix una caiguda de caràcter greu.
Entremig	9	Força mínima a la que es produeix una caiguda de caràcter lleu.
Inferior	3	Força mitjana dels passos d'una persona.

Aquests valors han estat fruit de diverses monitoritzacions d'una persona en 5 estats diferents:

- Caiguda a terra patint petits moviments oscil·latoris (simulació d'una persona després d'una caiguda)
- Caminant normal
- Corrent
- Caiguda lleu
- Caiguda bastant forta.

Les dades les podem veure representades a la Fig.6 que recull les dades de l'experiment.

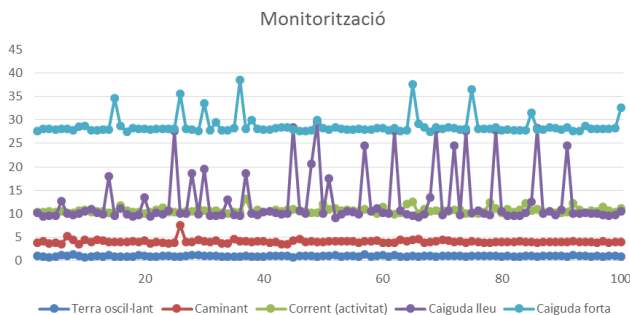


Fig.6: Resultat monitorització per a la determinació dels llindars de caiguda.

## 7.6 Disseny i implementació de la tècnica de delimitació de zona segura i detecció de sortida de la mateixa – Convex Hull

Per tal de determinar les zones segures per les quals l'usuari que porta el mòbil es pot moure farem servir l'algorisme de conjunt convex (convex hull) [6], [7], [9], [11].

El conjunt convex és una de les estructures més emprades dintre de la geometria computacional, que expandeix la seva disciplina cap a disciplines científiques i tecnològiques. Un dels primers algorismes més sofisticats en el món de la geometria i del qual s'han fet diferents variacions. Un conjunt és convex si donats dos punts qualsevol pertanyents al conjunt, el segment que els uneix queda totalment inclòs dintre del conjunt, o el que és el mateix, un conjunt és convexa si podem anar d'un punt a un altre sense sortir del mateix en línia recta.

Una propietat que podem deduir immediatament és que donats dos conjunts convexas, la seva intersecció resulta un nou conjunt convex. Llavors donat un conjunt de punt (finit) podem definir el seu conjunt convex amb el menor convex que conté el conjunt. Per tant podem dir

que el conjunt convex d'un conjunt de punts vindrà donada pels punts frontera o vèrtexs del polígon resultant.

De les diferents versions que s'han desenvolupat de l'algorisme ens centrarem en dos d'ells, Quick Hull [5], [6] i Graham Scan [6], [8], [11], doncs segons hem pogut apreciar són els algorismes de convex hull que més s'empren en aspectes de computació per la senzillesa de còmput que presenten.

L'algorisme Quick hull es basa en la idea que per a cada conjunt de punts, en el moment de construir la seva envoltant, podem obviar molts dels punts que el componen. Per tant l'aplicació d'aquests algorismes es basa en els següents dos passos que donen el resultat de la Fig.7:

- Trobar els quatre extrems que fan cobrir el conjunt de direccions que hi existeixen (nord, sud, est, oest) i realitzar la unió mitjançant arestes d'aquests quatre punts. D'aquesta forma obtenim un quadrilàter on els punts que queden dintre poden ser obviats, doncs ja no formaran part del conjunt convex.
- Una vegada hem definit les quatre arestes el següent pas consisteix a trobar, si és que n'hi ha, el punt que queda més allunyat de cadascuna d'aquestes arestes i incloure per tant aquest nou punt com a part del conjunt de punts que formarà la nostra nova envoltant. Aquest pas es repetirà de manera recursiva fins no tenir més punts llunyans a les arestes definides.

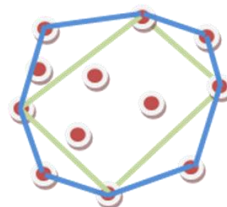


Fig.7: Finalització Quick Hull.

Per altra banda, l'algorisme Graham Scan presentat a la Fig.8 retornar el conjunt de punts que formen part del conjunt convex a partir dels punts ordenats per l'angle que formen amb un punt base, agafant com a base el punt del conjunt que presenta una coordenada més baixa. D'igual forma que en l'algorisme anterior tenim 2 passos on el segon pas es repeteix tants cops com punts hi ha dintre del conjunt. Els dos passos que presenta són els següents:

- Obtenir una llista de tots els punts del conjunt ordenats per l'angle (més gran a més petit – segons sentit antihorari de les agulles del rellotge) a partir de l'angle que formen amb el punt que té la coordenada  $y$  mínima (punt més al sud del conjunt). Hem de tenir en compte que en cas d'empat en la coordenada  $y$  agafarem el punt que tingui també la coordenada  $x$  menor.
- Recórrer tots els punts emmagatzemats a la llista que obtenim del pas 1 agafant en cada iteració tres punts qualificats com a inici, mitjà i final.

Amb aquests obtenim l'angle que formen. En cas que l'angle sigui positiu guardem la llista tal com està i passem al següent pas on ara l'inici passa a ser l'antic punt mitjà, el nou mitjà serà l'antic final i el nou final serà el següent punt de la llista (tenint en compte que recorrem la llista de final a inici). En canvi si l'angle que formen és negatiu, el punt mitjà queda eliminat de la llista perquè es dona per suposat que quedarà dintre del conjunt convex final.

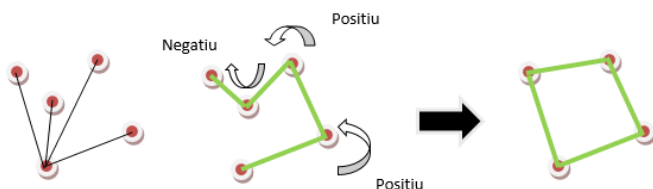


Fig.8: Algorisme Graham Scan.

Un cop analitzats els algorismes presentarem un anàlisi que ens permetrà decantar-nos per l'algorisme a introduir en la nostra tècnica. El que es va fer és desenvolupar els dos algorismes en python i portar-los a situacions límit de milions de punts a classificar. El resultat el podem apreciar a la Fig.9 que presentem a continuació.

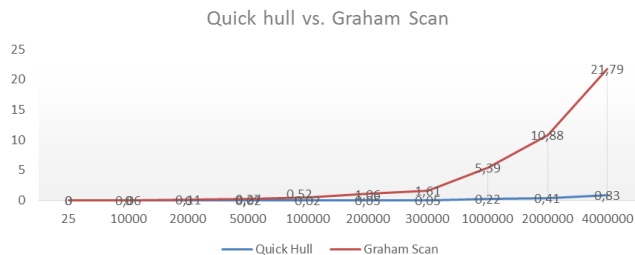


Fig.9: Comparació algorismes Quick Hull vs. Graham Scan

Com podem apreciar tots dos presenten temps de resposta propers als 0 segons per a petites quantitats de punts. En canvi quan s'hi porten a situacions límit tot i que els dos algorismes presenten un increment exponencial en el temps de resposta, l'algorisme Quick Hull ofereix millors temps de resposta gràcies a l'eliminació de gran part dels punts en cada iteració. Per tant l'algorisme que incorporarem serà el Quick Hull.

Pel que fa la implementació i comportament d'aquesta tècnica s'han desenvolupat dues parts:

- La primera busca oferir a l'usuari que vol supervisar una interfície on, per mitjà de mapes de Google, pugui delimitar una zona segura.
- La segona part busca realitzar la monitorització de l'usuari supervisat per tal de determinar la sortida de la zona delimitada com a segura per mitjà de l'obtenció de la posició GPS actual.

El diagrama de flux que reflecteix l'explicació anterior es presenta a la Fig.10 que mostra a continuació.

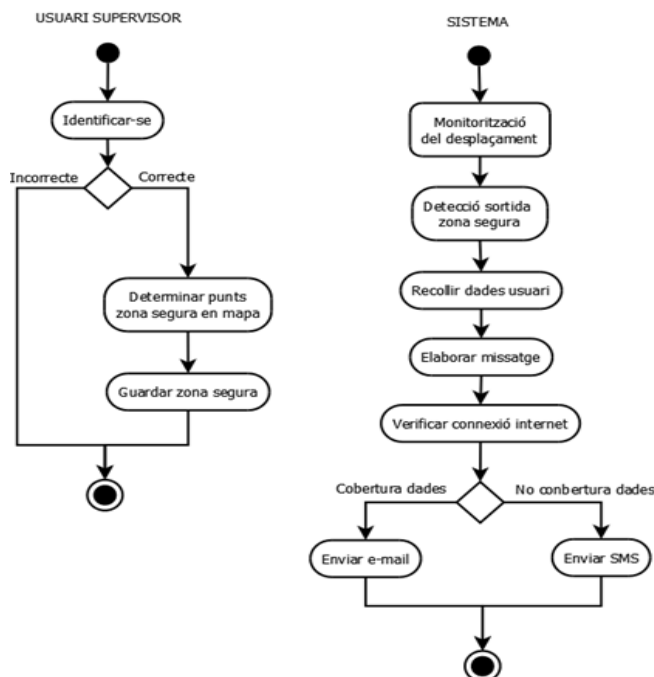


Fig.10: Diagrama de flux de la tècnica de detecció de sortida de zona segura.

La manera de determinar si l'usuari supervisat ha sortit fora de la zona delimitada com a segura el que fem és verificar que la ubicació actual no queda a la dreta dels segments (costats) que formen els punts del conjunt convex. Per determinar si queda a la dreta el que fem és verificar la component Z del vector resultant de fer el producte vectorial creuat entre el vector que forma el primer punt i el següent, i el vector entre l'origen i la ubicació actual (i així recorrent tots els punts), de tal forma que si la component Z resulta positiva vol dir que la direcció del vector resultant apunta cap a fora de l'envoltant i per tant l'usuari està fora de la zona segura.

Això ho podem apreciar a la següent fórmula del producte vectorial creuat a la Fig.11:

$$\begin{aligned}
 X &= AY \cdot BZ - AZ \cdot BY \\
 Y &= AZ \cdot BX - AX \cdot BZ \\
 Z &= AX \cdot BY - AY \cdot BX
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} X \\ Y \\ Z \end{aligned}} \right\} \text{ on A, B son els vectors}$$

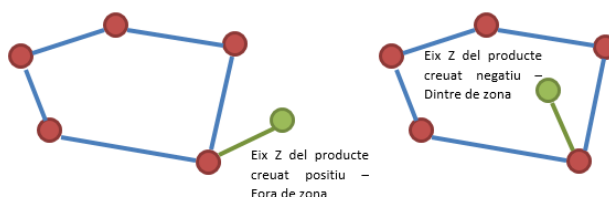


Fig.11: Determinació de sortida de zona segura.



## 8 PLA DE PROVES

Tot i que a mesura que anàvem introduint les implementacions dintre de l'aplicació s'anava testejant, aquestes proves eren en entorns molt controlats. Per poder verificar d'una forma més real s'han fet proves en entorns reals en 3 perfils d'usuari diferent on tenim:

- Cap de família que monitoritza el seu pare.
- Esportista que vol un sistema de prevenció.
- Mare que vol monitoritzar el seu fill de 14 anys.

Per verificar el compliment d'objectius s'han realitzat 3 tipus de prova:

- Anàlisi de la interfície i usabilitat.
- Compatibilitat de dispositius
- Anàlisi de tècniques en situacions reals.

Pel que fa a la interfície, els comentaris que s'han rebut i la forma que han tingut d'actuar amb l'aplicació han estat correctes i segueixen una línia de les respostes que hi esperàvem, doncs el desenvolupament es va realitzar amb la idea de poder oferir una interfície el més senzilla possible per poder arribar a tots els possibles usuaris finals. A més es va tenir present en tot moment la facilitat d'ús, doncs consta com a un dels objectius del projecte. Destacar un comentari com a possible millora, doncs si parem atenció si és possible que fos necessari indicar de forma més directa on es pot modificar la zona segura.

Per la fase de compatibilitat de dispositius s'ha verificat que l'aplicació és capaç d'adaptar-se a diferents mides de pantalla i funciona en les versions Android 4.0.3 com van indicar.

Com a última prova i més important, es va posar l'aplicació a funcionar en 3 situacions reals:

- Monitorització 24 h persona d'avançada edat.
- Monitorització 24 h persona activa esportiva, amb sessió BTT.
- Monitorització 24 h nen de 14 anys.

Quant al mecanisme de detecció de sortida de zona segura els resultats van ser els esperats, doncs només es va obtenir un fals avís que molt probablement hagi estat degut per una fallada en la precisió del GPS. Pel que fa a la detecció de caigudes hem pogut apreciar que hi ha determinades situacions a les quals es detecten falses caigudes, probablement com a conseqüència del moviment que pateix el telèfon si realitzem alguna acció molt brusca. Hauríem d'augmentar la precisió en la detecció de caigudes per tal de disminuir els falsos avisos. Deixar constància que la tècnica del botó, tot i no haver-se emprat en les proves reals perquè no ha sorgit cap urgència, compleix el seu propòsit de comunicar en situacions de risc no controlades de forma automàtica.

## 9 CONCLUSIONS FINALS I TREBALL FUTUR

Per concloure el treball presentarem les conclusions extretes de tot el procés efectuat al llarg d'aquest 5

mesos de desenvolupament. Conclourem el treball indicant possibles continuacions del treball efectuat.

### 9.1 Valoració dels objectius

Amb la realització de les tècniques desenvolupades corresponents a la pulsació del botó d'emergència, detecció de caigudes i delimitació de zones segures hem pogut convertir un dispositiu en una eina capaç d'oferir l'extra de seguretat i autoconfiança que buscàvem, doncs les persones que el facin servir quedaran monitoritzades i protegides davant de situacions de caiguda, sortida del límit indicat o de necessitat de demanar ajuda.

Hem de considerar que, com hem pogut veure a la fase de proves, el dispositiu és capaç de poder adaptar-se tant a persones en edat avançada com persones més actives físicament, englobant així el conjunt d'usuaris finals als que volíem arribar.

La forma amb la que el dispositiu busca adaptar-se als diferents col·lectius es pot veure reflectit en la forma que s'ha realitzat la monitorització, doncs recordem que en la detecció de caigudes s'ha realitzat una monitorització i recollida de dades controlada per a les cinc situacions que es poden donar lloc, entre les que podem apreciar:

- Caiguda al terra veritable.
- Caminar.
- Activitat física.
- Caiguda lleu.
- Caiguda forta.

Per tal de poder pal·liar els efectes que produeix una activitat física activa en el càlcul de la magnitud de la força de l'impacte s'han afegit mecanisme que permeten determinar si l'impacte ha estat origen d'una veritable caiguda i per tant procedir a l'enviament d'un avís, o bé els impactes que estem detectant són origen d'activitat intensa i per tant no procedir a l'enviament d'un avís. A més destacar la interacció que s'ha introduït per tal de verificar que l'usuari monitoritzat està bé en situacions de falta d'activitat durant un temps determinat.

Per altra banda cal tenir en compte la importància d'haver inserit al dispositiu un mecanisme per poder contactar de manera ràpida amb una persona de contacte preestablerta. Al llarg del nostre dia a dia poden donar-se situacions de perill, sobretot en les persones que queden dintre dels col·lectius que vam definir entre les quals hi trobem nens, gent d'avançada edat, esportistes d'alt risc o personal amb professions considerades d'alt risc que tinguin la necessitat de demanar ajuda per raons diverses com per exemple una agressió, pèrdua de l'orientació, no saber on estàs, quedar atrapat a un lloc tancat com un ascensor, etc. Per últim deixar constància de la importància i de les possibilitats que dona una tècnica com la de poder delimitar una zona segura i monitoritzar si l'usuari monitoritzat surt o no. Com es va reflectir, amb aquesta última tècnica és buscava arribar des de persones que presenten problemes de demència i per tant és aconsellable que no surtin d'una zona, fins a persones que no poden sortir d'uns límits preestablerts per obligació.

## 9.2 Taula d'acompliment d'objectius

TAULA 6  
VALORACIÓ D'OBJETIUS

Objectius	Compliment
Determinar situacions de perill	✓
Determinar tècniques de monitorització a oferir segons els col·lectius que voler arribar	✓
Integrar les tècniques a una aplicació mòbil	✓
Realitzar una interfície d'aplicació senzilla, intuïtiva i fàcil d'usar.	✓
Dotar d'autonomia a persones que per raons de salut, edat avançada o laborals, l'han perduda o l'han vist limitada	✓
Oferir un extra de confiança a esportistes d'alt risc i professionals d'alt risc laboral	✓
Donar seguretat tant a la persona monitoritzada com a les persones a càrrec d'aquestes	✓

## 9.3 Treball futur

Per tal de donar un desenvolupament futur a partir del present treball proposarem una sèrie de possibles extensions del treball que poden resultar molt útils quant a monitorització de persones o fins i tot poder ampliar i aprofitar els diferents desenvolupaments per realitzar noves aplicacions de seguiment, no només de persones, sinó d'objectes o vehicles.

**Integració amb missatgeria multi plataforma:** Seguint en la línia del desenvolupament del present projecte, una de les propostes futures seria estendre la funcionalitat d'avís a una de les aplicacions de missatgeria instantània que està present amb un gran impacte a tots els dispositius, parlem de whatsapp. Podria resultar interessant realitzar els enviament per mitjà d'aquesta aplicació que presenta característiques molt útils com es l'enviament de la ubicació en format d'accés directe a google Maps, o bé la possibilitat de realitzar trucades de forma gratuïta entre dispositius.

**Unió smartphone - smartwatch:** Una nova tecnologia que ha sortit al mercat i que està cada cop més present son els anomenats smartwatch. Aquests dispositius permeten incorporar sistemes de monitorització per la salut i benestar acoblat i interactuant amb el nostre smartphone, o fins i tot ja s'hi estan comercialitzant smartwatch independents que incorporen les característiques pròpies del propis smartphone.

Amb això el que podríem aconseguir és incorporar el botó d'avís d'emergència dintre del propi smartwatch per no haver de fer servir el telèfon i tenir l'accés més directe. A més el sistema que s'ha desenvolupat per mantenir la interacció de l'usuari monitoritzat en situacions de no detecció de moviment durant períodes llargs l'incorporaríem a aquest nou dispositiu. L'avís seria molt més efectiu i ràpid. A més a més, aprofitant que aquests

dispositius es porta al canell i que incorporen sistemes de detecció de constants vitals oferiríem funcionalitats com la detecció de pulsacions anòmales o un registre de constants que donarien un nou ventall de possibilitats al sistema de monitorització de persones.

## AGRAÏMENTS

Agrair a Jaume Pujol Capdevila pels bons consells que m'emporto d'ell, tant a nivell acadèmic com a nivell personal, per les aportacions que han fet possible el desenvolupament del present treball i per atorgar-me l'honor de treballar junt a ell en la seva última etapa com a docent.

Agrair a la meua família el seu suport incondicional durant el transcurs de la meua etapa com a universitari, i a la meua novia per acompanyar-me i donar-me suport en els moments de frustració, ajudant-me a veure les coses des d'altres punts de vista.

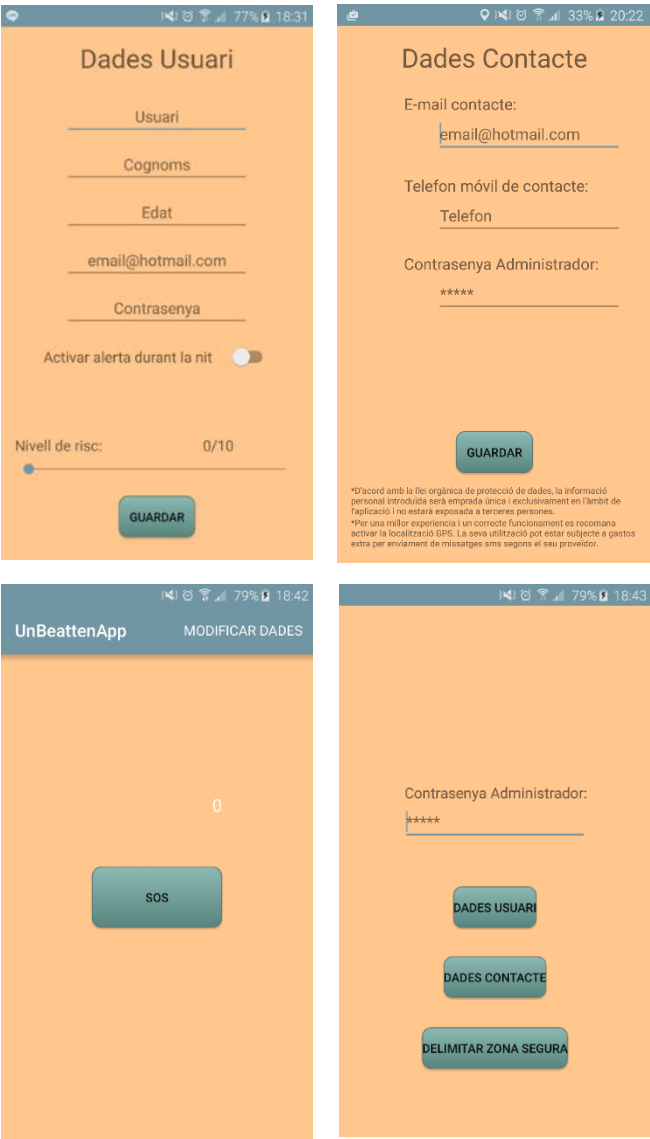
Finalment, m'agradaria donar les gràcies a totes aquelles persones que han format i formen part dels moments, aprenentatges i records que m'emporto.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Atomos y Bits, La física tras el acelerómetro. Enllaç: <http://atomosybits.com/la-fisica-tras-el-acelerometro/>. [Consulta: 29/10/2015]
- [2] MandownAPP, Can your smartphone save your life?. Enllaç: <http://www.mandownapp.com>. [Consulta: 29/09/2015]
- [3] Spantec, E-NO-FALLS Falls prevention and detection: ICT repository. Enllaç: <http://www.e-nofalls.eu/ictrepository/content/spantec-app-fall-detector>. [Consulta: 22/09/2015]
- [4] Sygic, app family locator. Enllaç: <http://www.sygic.com/es/family-locator/features>. [Consulta: 23/09/2015]
- [5] Text and Monographs in computer science. Computational Geometry an introduction. 1st Edition, 1985. Springer Bussines Media New York.
- [6] Estudio y visualización de envolventes convexas y triangulaciones con direcciones restringidas en Geometría Computacional, Daniel Exposito Polo. Junio 2009. Enllaç: <http://www3.uah.es/ordend/files/TFC-TriangulacionesRestringidas-Memoria.pdf>. [Consulta: 02/11/2015]
- [7] Jeffrey J. McConnell. "Chapter 2: Recursive Algorithms - Convex Hull". En: Jeffrey J. McConnell. Analysis of Algorithms. p. 47 - 53.
- [8] Manas Ranjan Kabat. "Computational Geometric Algorithms: Convex Hull - Graham's Scan". En: Manas Ranjan Kabat. Designs And Analysis of Algorithm. PHI Learning Private Limited. p. 277 - 284.
- [9] Miguel A. Revilla. "Geometría computacional: Envolventes convexas". En: Miguel A. Revilla. Desafios de Programación - Manual de entrenamiento para concursos de programación. 2a edición. 2012. p. 303 - 326.
- [10] Gary Shelly. "Requirements Modeling". En: Gary Shelly, Harry J. Rosenblatt. Systems Analysis and Design. Course Technology, 9th Edition, p. 145 - 150.
- [11] Steven S. Skiena. "Computational Geometry". En: Steven S. Skiena. The Algorithm Design Manual. p. 351 - 355.
- [12] Ian Sommerville. "Capítulo 4: Procesos del software". En: Ian Sommerville. Ingeniería del software. 7a edición. PEARSON ADDISON WESLEY, 2006, p. 59 - 79.
- [13] Stephen Thomas. SSL and TLS Essentials. John Wiley & Sons Inc. 2000.

APÈNDIX

A.1 Interfície final d'usuari



A.2 Diagrama de successió de pantalles

